

Evaluación in vitro de la capacidad de centrado y transportación en conductos simulados curvos preparados con diferentes sistemas de instrumentación mecanizada

In Vitro Evaluation of Centering Ability and Canal Transportation in Simulated Curved Root Canals Prepared with Different Mechanized Instrumentation Systems

Enith Gabriela Marcellito Tipanta¹, Raquel Esmeralda Guillén Guillén², Gustavo Adrián Morales Valladares³, Rafael Guillermo Campanella Maldonado⁴, Alberto Serrano de Pro⁵






Resumen

Objetivo: Evaluar la capacidad de centrado y la transportación en conductos radiculares simulados curvos preparados con diferentes sistemas de instrumentación mecanizada. **Materiales y métodos:** Se utilizaron 60 bloques de resina con conductos curvos simulados de 30°–35°, distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos: ROTATE (VDW) y SLIM SHAPER (ZARC) con rotación continua; ENDOGAL C (ENDOGAL) y ONE RECI (COLTENE-MICROMEGA) con movimiento recíprocante/oscilación asimétrica. Se verificó la permeabilidad con lima K #6 y se realizó el glide path con limas K #8, #10 y R-Pilot. La instrumentación se ejecutó según las especificaciones de cada fabricante. Se obtuvieron imágenes pre y postinstrumentación, las cuales fueron analizadas mediante Adobe Illustrator y Photoshop. Los datos fueron procesados en SPSS mediante pruebas de Shapiro–Wilk, ANOVA y Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$). **Resultados:** No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,584$). Sin embargo, ONE RECI mostró una tendencia hacia una mejor capacidad de centrado y menor transportación. **Conclusiones:** Los sistemas recíprocantes fabricados con aleación C-Wire y diseño asimétrico variable evidenciaron un desempeño favorable en conductos simulados curvos, con adecuada eficiencia de corte y mínima transportación.

Palabras clave: Instrumentación mecanizada, Conducto radicular, Preparación del conducto radicular, Aleaciones de níquel-titanio, Estudios in vitro.

Abstract

Objective: To evaluate the centering ability and canal transportation in simulated curved root canals prepared with different mechanized instrumentation systems. **Materials and Methods:** Sixty resin blocks with simulated curved canals (30°–35°) were randomly assigned to four groups: ROTATE (VDW) and SLIM SHAPER (ZARC) using continuous rotation; ENDOGAL C (ENDOGAL) and ONE RECI (COLTENE-MICROMEGA) using reciprocating/asymmetric oscillating motion. Canal patency was verified with a #6 K-file, and a glide path was established using #8 and #10 K-files and R-Pilot. Instrumentation was performed according to the manufacturers' instructions. Pre- and post-instrumentation images were obtained and analyzed using Adobe Illustrator

1. Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador;  <https://orcid.org/0009-0005-2164-8636>
2. Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador;  <https://orcid.org/0009-0004-3044-091X>
3. Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador;  <https://orcid.org/0009-0004-1313-1824>
4. Universidad Tecnológica Equinoccial; Quito, Ecuador;  <https://orcid.org/0009-0009-0220-334X>
5. Universidad Europea de Madrid; Madrid, España;  <https://orcid.org/0009-0001-7857-6507>



Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Recibido: 15-12-2025

Aceptado: 10-02-2026

Publicado: 28-03-2026

DOI: 10.47464/MetroCiencia/vol34/1/2026/36-43

*Correspondencia autor: enithcitag_91@hotmail.com

and Photoshop software. Data were analyzed using Shapiro–Wilk, ANOVA, and Kruskal–Wallis tests ($\alpha = 0.05$). **Results:** No statistically significant differences were found among the groups ($p = 0.584$). However, ONE RECI showed a tendency toward better centering ability and reduced canal transportation. **Conclusions:** Reciprocating systems manufactured with C-Wire alloy and asymmetric variable design demonstrated favorable performance in curved simulated canals, with improved cutting efficiency and minimal canal transportation.

Keywords: Endodontic Instrumentation, Root Canal, Root Canal Preparation, Nickel-Titanium Alloys, In Vitro Techniques

Introducción

La preparación mecánica del conducto radicular se considera una de las etapas clave del tratamiento endodóntico¹, por lo que se pretende siempre llevarla a cabo bajo normas técnicas y biológicas de alta exigencia que permitan un resultado de área desinfectada y biológicamente permeable para su posterior obturación². Las características mecánicas de los instrumentos manuales o mecanizados que permiten alcanzar el objetivo mencionado se consideran importantes, especialmente aquellas que evidencian memoria de forma y comportamiento superelástico^{3,4}.

La introducción de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi) en la práctica endodóntica ha aportado múltiples ventajas en comparación con los instrumentos de acero inoxidable^{5,6}. Entre las principales se encuentran una mayor eficiencia de corte, menor tiempo de preparación y mejor capacidad de centrado durante la instrumentación del conducto radicular^{7,8}. Sin embargo, su uso sin una adecuada preparación clínica puede presentar desventajas, como riesgo de fractura, incapacidad para instrumentar todas las superficies del conducto radicular, perforaciones y formación de escalones^{9,10}.

Desde las primeras limas de acero al carbono, se ha intentado innovar constantemente mediante procesos químicos y metalúrgicos en los instrumentos empleados en los tratamientos de endodoncia^{11–13}. Con el fin de alcanzar los estándares de calidad exigidos actualmente por el clínico, se ha promovido

el desarrollo de tecnologías que favorezcan una endodoncia más predecible y un mejor pronóstico para el paciente.

Por lo que a través del presente estudio se podrá sugerir al clínico o especialista en Endodoncia, un instrumento mecanizado que tenga mejor desempeño en situaciones clínicas de curvaturas que mantenga la anatomía del conducto y cumpla con los objetivos de debridación de material orgánico del sistema de conductos radiculares; promoviendo un mejor aprovechamiento de tiempo en consulta con menores riesgos de perforación, desviación o separación de instrumentos durante el abordaje endodóntico.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio experimental in vitro utilizando 60 bloques de resina acrílica con conductos simulados curvos (30° – 35° según Schneider) marca FKG, provenientes de un mismo lote de fabricación. El proyecto fue aprobado por la Comisión de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador. Los bloques presentaron 16 mm de longitud total, con 9 mm de porción recta (coronal y media) y 7 mm de porción curva (apical). El diámetro del conducto fue de 0,10 mm en los tercios medio y apical y 0,20 mm en el tercio coronal.



Figura 1. Bloque de resina acrílica con conducto simulado curvo (30°–35°) previo a la instrumentación.

Determinación de longitud de trabajo y registro inicial

La permeabilidad inicial fue verificada mediante una lima manual tipo K #6 (Dentsply, 25 mm, conicidad 0,02), estableciendo una longitud de trabajo de 15 mm. Para el registro fotográfico inicial, los conductos fueron

llenados con tinta hidrosoluble diferenciada por grupo experimental (rojo, azul, verde y amarillo). Las imágenes fueron capturadas con cámara digital Nikon N1538 con lente 18–55 mm, posicionada a 30 cm sobre fondo blanco estandarizado, bajo condiciones de iluminación controlada.

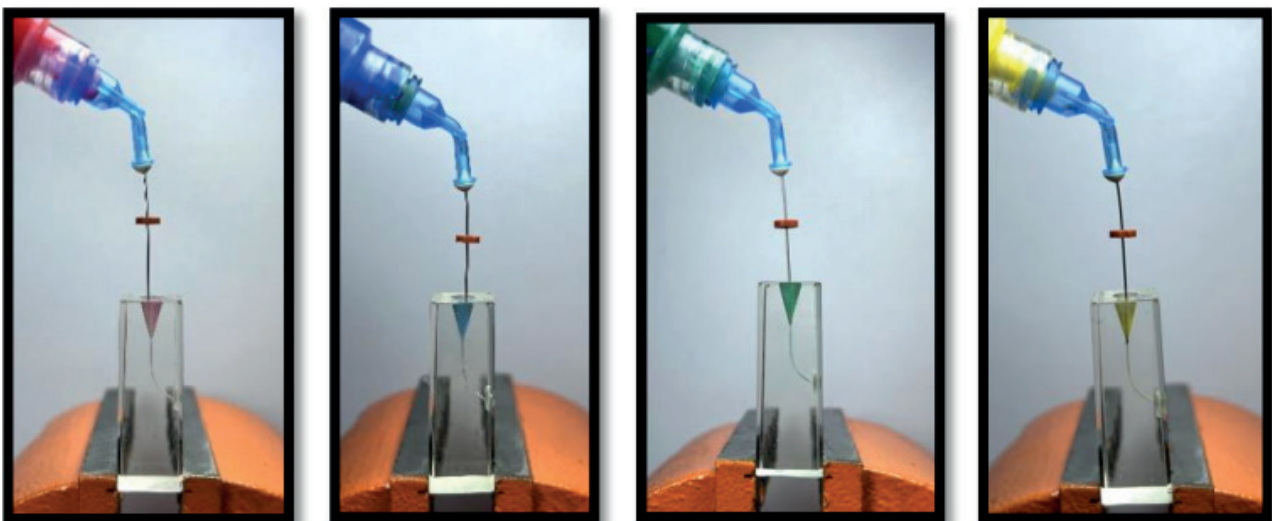


Figura 2. Registro fotográfico inicial del bloque de resina con conducto teñido previo a la instrumentación.

Protocolo de instrumentación

Todos los procedimientos fueron realizados por un único operador previamente entrenado, con el objetivo de reducir la variabilidad operatoria. Previamente a la instrumen-

tación mecanizada, se realizó glide path manual con limas K #8 y #10 mediante técnica de fuerzas balanceadas, con irrigación continua con 5 mL de solución salina. Posteriormente, se realizó glide path mecaniza-

do con lima R-Pilot (VDW, 25 mm, taper 4%) en modo recíprocante (300 rpm, 4.0 N·cm). Los bloques fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos (n = 15):

Grupo A: ROTATE (VDW) 25/.04, rotación continua (350 rpm, 2.3 N·cm).

Grupo B: SLIM SHAPER (ZARC) 25/.04, rotación continua (500 rpm, 3.0 N·cm).

Grupo C: ENDOGAL C 25/.04, oscilación asimétrica (400 rpm, 4.0 N·cm; 120° antihorario / 30° horario).

Grupo D: ONE RECI (COLTENE) 25/.04, oscilación asimétrica (400 rpm, 4.0 N·cm; 170° antihorario / 60° horario).

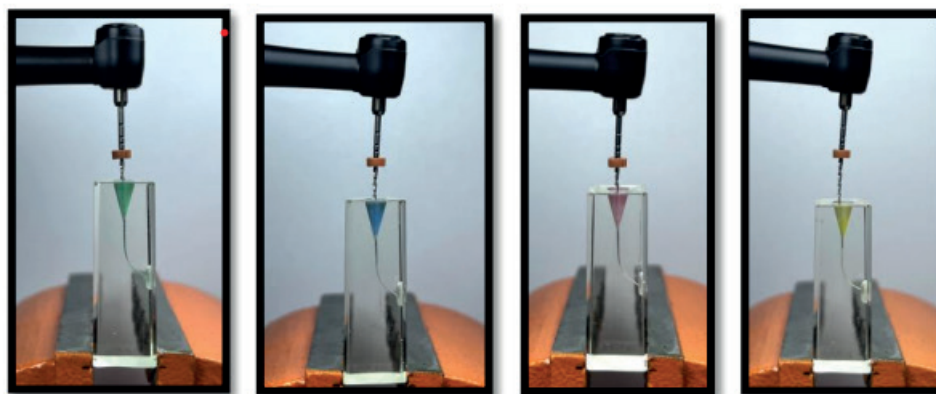


Figura 3. Bloques de resina instrumentados representativos de cada grupo experimental

Registro final y análisis digital

Posterior a la instrumentación, se realizó irrigación final y se obtuvieron imágenes postoperatorias bajo las mismas condiciones estandarizadas.

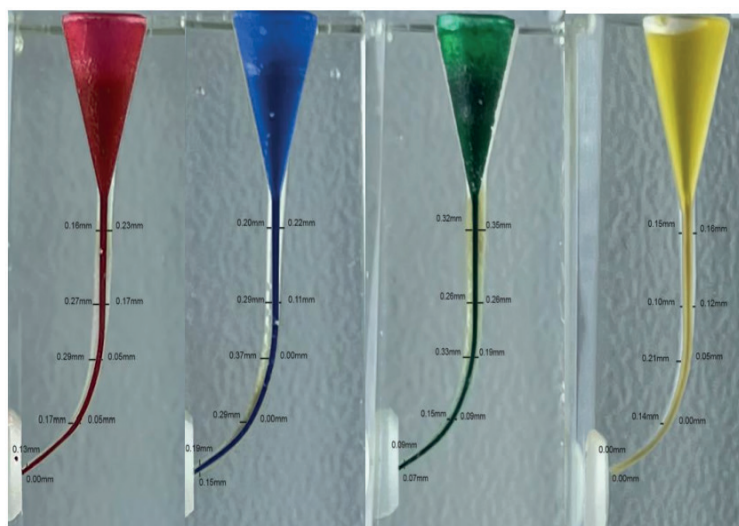


Figura 4. Registro fotográfico posterior a la instrumentación.

Análisis estadístico

Los datos fueron registrados en Microsoft Excel y analizados mediante SPSS versión 2.6. Se evaluó la normalidad con la prueba de Shapiro–Wilk. Dependiendo de la distribución, se aplicaron ANOVA o Kruskal–Wallis. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Aspectos bioéticos, metodológicos y jurídicos

El estudio fue de tipo in vitro, sin participación de seres humanos, por lo que no requirió consentimiento informado.

Las muestras se distribuyeron aleatoriamente.

El estudio no implicó riesgos para poblaciones vulnerables y proporciona beneficios científicos al comparar el desempeño de distintos sistemas de instrumentación en conductos curvos.

Resultados

Se analizaron 60 muestras distribuidas en cuatro grupos ($n = 15$). El análisis de normalidad evidenció distribución no homogénea en algunas variables, por lo que se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para la comparación entre grupos. En cuanto al desgaste total, SLIM SHAPER presentó el mayor promedio (1,72 mm), mientras que ONE RECI mostró el menor (0,90 mm). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas evaluados ($p > 0,05$) (Tabla 1). Respecto a la centralidad, ONE RECI presentó mayor número de muestras dentro del rango considerado óptimo, mientras que SLIM SHAPER mostró menor frecuencia (Tabla 2). Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). En relación con la transportación hacia la pared interna, SLIM SHAPER presentó la mayor frecuencia total de secciones afectadas, mientras que ONE RECI mostró la menor (Tabla 3). No se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos ($p > 0,05$).

Tabla 1. Desgaste total promedio de resina acrílica eliminada (mm)

| Grupo | Sección 1 | Sección 2 | Sección 3 | Sección 4 | Sección 5 | Total (mm) |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| ROTATE (VDW) | 0,37 | 0,39 | 0,38 | 0,29 | 0,06 | 1,49 |
| SLIM SHAPER (ZARC) | 0,39 | 0,40 | 0,43 | 0,31 | 0,19 | 1,72 |
| ENDOGAL C (ENDOGAL) | 0,44 | 0,39 | 0,34 | 0,37 | 0,11 | 1,65 |
| ONE RECI (COLTENE) | 0,27 | 0,21 | 0,18 | 0,15 | 0,09 | 0,90 |

Kruskal–Wallis, $p > 0,05$

Fuente. Elaborado por autores propios

Tabla 2. Número total de muestras con mayor centralidad

| Grupo | Sección 1 | Sección 2 | Sección 3 | Sección 4 | Sección 5 | Total |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| ROTATE | 6 | 5 | 9 | 8 | 12 | 40 |
| SLIM SHAPER | 5 | 4 | 5 | 2 | 7 | 23 |
| ENDOGAL C | 8 | 6 | 2 | 4 | 10 | 30 |
| ONE RECI | 4 | 6 | 11 | 13 | 14 | 48 |

Kruskal–Wallis, $p > 0,05$

Fuente. Elaborado por autores propios

Tabla 3. Frecuencia total de transportación hacia dentro

| Grupo | Sección 1 | Sección 2 | Sección 3 | Sección 4 | Sección 5 | Total |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| ROTATE | 5 | 11 | 10 | 12 | 6 | 44 |
| SLIM SHAPER | 11 | 11 | 14 | 12 | 6 | 54 |
| ENDOGAL C | 7 | 10 | 14 | 13 | 8 | 52 |
| ONE RECI | 2 | 7 | 14 | 12 | 7 | 42 |

Kruskal–Wallis, $p > 0,05$

Fuente. Elaborado por autores propios

Discusion

El preparo químico-mecánico de los conductos radiculares constituye una fase determinante del tratamiento endodóntico. Gavini et al.¹⁷ señalaron que los principios de modelado y preservación de la anatomía original del conducto se relacionan directamente con la eficiencia de corte y la capacidad de centrado de los instrumentos mecanizados, especialmente aquellos sometidos a tratamientos termodinámicos, los cuales favorecen una conformación apicocoronal progresiva y cónica.

En el presente estudio se evaluó la capacidad de centrado y la transportación en conductos simulados curvos preparados con distintos sistemas mecanizados que difieren en su cinemática de movimiento, tratamiento termodinámico y diseño transversal. Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, se identificaron tendencias clínicas relevantes que podrían orientar la selección del sistema de instrumentación en anatomías curvas. Vieira et al.¹⁸ compararon sistemas mecanizados como One Curve, One Curve Mini y One ReCi mediante análisis microscópicos y pruebas de flexibilidad ex vivo, reportando que, pese a la ausencia de diferencias significativas, One ReCi presentó mayor flexibilidad. Estos hallazgos son parcialmente concordantes con los resultados del presente estudio, en el que dicho sistema mostró una tendencia hacia mejor capacidad de centrado y menor transportación.

Estas características podrían atribuirse a su diseño transversal asimétrico variable, su fabricación con aleación C-Wire y su cinemática reciprocante, factores que favorecen la adaptación a conductos curvos y la distribución uniforme del estrés durante la instrumentación.

En relación con la cinemática de movimiento, estudios como los de Generali et al.¹⁹ y Ferreira et al.²⁰, a través de revisiones sistemáticas, sugieren que los sistemas reciprocantes podrían ofrecer ventajas biomecánicas frente a la rotación continua, debido a la alternancia de ángulos de rotación que reduce el estrés torsional y la posibilidad de transportación. Estos resultados son consistentes con la tendencia observada en el presente estudio. En conjunto, el movimiento reciprocante podría representar una alternativa predecible y conservadora para la preparación biomecánica de conductos curvos, favoreciendo el mantenimiento de la trayectoria original del conducto y minimizando la transportación apical. No obstante, dado que no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, se requieren estudios adicionales que permitan confirmar estos hallazgos bajo diferentes condiciones experimentales.

Conclusiones

De acuerdo con la cinemática de movimiento evaluada, la oscilación asimétrica o reciprocante mostró un desgaste más equilibra-

do hacia las paredes interna y externa del conducto simulado, con menor generación de defectos de forma a lo largo de toda su longitud. Este comportamiento se evidenció principalmente en el sistema One Recí.

En relación con la variación termodinámica de los instrumentos, el sistema One Recí, fabricado con aleación C-Wire, presentó menores variaciones del ángulo post-instrumentación y una menor magnitud de transportación (en milímetros) en todas las secciones del conducto simulado, en comparación con los demás grupos evaluados.

El diseño del perfil transversal asimétrico variable del instrumento One Recí se asoció con una mayor eficiencia de corte y un menor contacto con las paredes del conducto, lo que permitió un desgaste más controlado y efectivo, especialmente en la zona de curvatura y en el tercio apical. Asimismo, esta característica contribuyó a la reducción de la fricción y del efecto de atornillamiento, favoreciendo la preservación del eje principal del conducto.

Tras el análisis estadístico con el nivel de significancia establecido, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos evaluados. No obstante, de manera descriptiva, el desempeño de los sistemas de instrumentación mostró una tendencia de mayor a menor favorabilidad en el siguiente orden: Grupo D (oscilación asimétrica – limas One Recí, Coltene), Grupo A (rotación continua – limas Rotate, VDW), Grupo C (oscilación asimétrica – limas Endogal C, Endogal) y Grupo B (rotación continua – limas Slim Shaper, Zarc).

Contribución de los autores

- a Concepción y diseño del trabajo: VVLC
- b Recolección/obtención de resultados: VVLC
- c Análisis e interpretación de datos: VVLC

- d Redacción del manuscrito: VVLC
- e Revisión crítica del manuscrito: REGG Y GAMV
- f Aprobación de su versión final: REGG Y GAMV
- g Aporte de pacientes o material de estudio: VVLC
- h Obtención de financiamiento: VVLC
- i Asesoría estadística: VVLC Y REGG
- j Asesoría técnica o administrativa: GAMV

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés personal, financiero, intelectual, económico y de interés corporativo con el Hospital Metropolitano y los miembros de la revista MetroCiencia.

Consideraciones éticas

El presente estudio corresponde a una investigación experimental *in vitro* realizada en bloques de resina acrílica, sin el uso de muestras biológicas humanas o animales, por lo que no requirió aprobación de un comité de ética en investigación.

Financiación

Financiamiento propio.

Bibliografía

1. Peters OA, Arias A, Paqué F. Root canal preparation with contemporary nickel–titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic evaluation. *Int Endod J.* 2020;53(7):933–944. doi:10.1111/iej.13291. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389–398.
2. Boutsoukias C, Arias-Moliz MT. Present and future directions in root canal irrigation. *Int Endod J.* 2022;55(Suppl 2):588–612. doi:10.1111/iej.13740. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of nickel–titanium instruments: a review. *Int Endod J.* 2020;53(6):734–754. doi:10.1111/iej.13255.

3. Shen Y, Haapasalo M. Three-dimensional analysis of cutting behavior and metallurgical characteristics of contemporary nickel–titanium endodontic instruments. *Dent Clin North Am.* 2020;64(2):263–281. doi:10.1016/j.cden.2019.12.004.
4. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *Int Endod J.* 2020;53(8):1088–1103. doi:10.1111/iej.13314.
5. Peters OA, Arias A, Paqué F. A micro–computed tomography assessment of root canal preparation with rotary nickel–titanium instruments. *Int Endod J.* 2020;53(7):933–944. doi:10.1111/iej.13291.
6. Peters OA, Arias A, Paqué F. Root canal preparation with contemporary nickel–titanium rotary instruments: a micro–computed tomographic evaluation. *Int Endod J.* 2020;53(7):933–944. doi:10.1111/iej.13291.
7. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2021;65(1):1–17. doi:10.1016/j.cden.2020.08.001.
8. Neelakantan P, Romero M, Vera J, et al. Contemporary concepts of root canal preparation: a narrative review. *J Endod.* 2023;49(1):12–24. doi:10.1016/j.joen.2022.10.001. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JEA, Messer HH. Defects in rotary nickel–titanium files after clinical use. *J Endod.* 2000;26(3):161–165.
9. Silva EJNL, Rodrigues C, Vieira VTL, et al. Influence of clinical use on the mechanical properties of nickel–titanium rotary instruments: a systematic review. *Int Endod J.* 2021;54(10):1619–1634. doi:10.1111/iej.13548. Shen Y, Zhou H, Zheng Y, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel–titanium instruments. *J Endod.* 2013;39(2):163–172.
10. Silva EJNL, Vieira VTL, Belladonna FG, De-Deus G, Zuolo AS, Cavalcante DM. Risk of fracture and deformation of contemporary nickel–titanium instruments: a systematic review. *Int Endod J.* 2022;55(4):325–341. doi:10.1111/iej.13695.
11. Gambarini G, Miccoli G, Seracchiani M, Morese A, Piasecki L, Testarelli L. Shaping errors, canal transportation and centering ability of modern nickel–titanium instruments: a micro-CT study. *Clin Oral Investig.* 2021;25(6):3639–3647. doi:10.1007/s00784-020-03638-4.
12. Zanza A, Seracchiani M, Di Nardo D, Reda R, Gambarini G, Testarelli L. A paradigm shift for nickel–titanium instruments: from stainless steel to heat-treated alloys. *Materials (Basel).* 2021;14(3):728. doi:10.3390/ma14030728.
13. Pedullà E, Plotino G, Grande NM, Avarotti G, Gambarini G. Metallurgical properties and clinical behavior of modern nickel–titanium instruments: a narrative review. *J Endod.* 2023;49(5):549–561. doi:10.1016/j.joen.2023.02.006.
14. Jacob T, Di Nardo D. Determination of the radius of curvature of root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;58(6):673–677.
15. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *J Endod.* 1971;3(2):271–275.
16. Biasillo G, Benenati FW, Bertrand MF. Evaluation of root canal shaping ability of nickel–titanium rotary instruments by sectioned analysis. *J Endod.* 1999;25(9):588–592.
17. Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado ME, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018;32(suppl 1):e67.
18. Vieira VT, Silva EJ, Pacheco Y, de Lima Júnior E, Marchi GM, Fernandes D, et al. Comparative analysis of the mechanical properties of three nickel–titanium instruments: One Curve, One Curve Mini, and One Rec. *J Endod.* 2020;46(9):1442–1447.
19. Generali L, Puddu P, Borghi A, Brancolini S, Lusvarghi L, Consolo U. Mechanical properties and shaping ability of reciprocating and rotary nickel–titanium instruments: a systematic review. *G Ital Endod.* 2020;34(1):1–10.
20. Ferreira FB, Watanabe E, de Moraes IG, et al. Movement kinematics and cyclic fatigue of nickel–titanium endodontic instruments: a systematic review. *Int Endod J.* 2017;50(2):143–152. doi:10.1111/iej.12613

Cómo citar: Marcillo Tipanta EG, Guillén Guillén RE, Morales Valladares GA, Campanella Maldonado RG, Serrano de Pro A. Evaluación in vitro de la capacidad de centrado y transportación en conductos simulados curvos preparados con diferentes sistemas de instrumentación mecanizada. *MetroCiencia* [Internet]. 30 de marzo de 2026;34(1):36–43. Disponible en: <https://doi.org/10.47464/MetroCiencia/vol34/1/2026/36-43>